

[046]都市・建築学研究表紙奥付等

<https://hdl.handle.net/2324/7183630>

出版情報：都市・建築学研究. 46, 2024-07-15. Faculty of Human-Environment Studies, Kyushu University

バージョン：

権利関係：



学位論文審査報告

氏名（本 籍） 郝 詒然（中国）
学位記番号 博士（人間環境学）人環博甲第461号
学位授与の日付 令和5年7月31日
学位論文題名 半島地域における産業構造の分類と
振興施策の評価に関する研究
論文調査委員
（主 査） 九州大学 教 授 坂 井 猛
（副 査） “ “ 趙 世 晨
“ 佐賀大学 “ 有 馬 隆 文

論文内容の要旨

三方を海に囲まれ、海岸線に点在する漁港や砂浜、内陸部に広がる田畑と河川、山や丘陵の緑などの豊かな自然に恵まれた半島地域の多くは、交通基盤、生活環境等の整備が十分に進まないまま、人口減少や高齢化、過疎化といった課題に直面している。国土交通省は、1985年に半島振興対策実施地域を設定し、循環道路の整備、高齢者介護福祉施設の建設などに対する支援措置を講じ、加えて、半島地域を有する自治体は、2002年に施行された都市再生特別措置法に基づくまちづくり交付金及びそれを引き継ぐ都市再生整備計画事業交付金を活用した事業を実施してきたが、その効果は一部にとどまり、観光拠点をつなぐ交通網の整備不足などの課題が依然としてみられる。居住者や来訪者にとって魅力ある半島地域を形成し、国土の均衡ある発展に資するには、地域資源を活かした産業の振興、地域間交流の推進などの半島地域の特徴に応じた施策が必要である。

本研究は、国内の半島地域における産業構造の分類と観光入込客の増加要因及び課題を把握し、振興施策の実施効果を評価したうえで、半島地域の特徴に応じた振興施策を明らかにすることを目的とする。このため、まず、日本の半島地域における人口規模や産業構造の変容と公共交通利便性の関係を踏まえて、半島地域の類型化を行い、類型別の特徴と課題を明らかにする。次に、半島地域における観光拠点の立地とそれらをつなぐ交通網の整備の実態と課題を明らかにする。また、半島地域における各観光拠点において観光容量の推定と特徴を把握したうえで、観光入込客の増加要因と課題及び改善方策を提示する。さらに、半島地域における都市再生整備計画に記録されている同計画事業の内容を経年的に整理することにより、都市再生を実現するための事業の取り組みの傾向、実施効果及び実施目標の達成の要因を明らかにする。

本研究は序論、本論および結論を含む6章で構成さ

れている。

第1章では、序論として、研究の背景、研究の目的について述べ、本論文の構成や枠組みをまとめるとともに、既往研究を整理し、本研究の位置付けを行っている。

第2章では、日本の半島地域を対象として、1995年と2015年の産業別就業者数の推移と産業構造の変化、公共交通施設の利用実態を示し、39半島地域のうち約6割を超える半島地域は、夜間人口が昼間人口を上まわり周辺都市への依存度が高く、第1次産業従業者数の割合が全国の平均値より高いことを示した。その上で、産業と交通に関する12指標をもとに、クラスター分析により、「都市型」、「農林漁業型」、「製造業型」、「農林漁業衰退型」の4類型に分類し、都市圏に近接した「都市型」の半島地域は、第3次産業に特化し、交通のアクセス性、集積性、利便性が高いことなど、類型別の特徴と課題を示した。

第3章では、観光拠点の立地とそれらをつなぐ交通網の整備の実態と課題を明らかにすることを目的として、まず、半島地域における観光拠点と交通網に関連する11指標を用いた因子分析とクラスター分析により、交通網の整備が進んだ「交通整備卓越型」、祭行事や地域景観などの観光資源、旅館や民宿などの小規模宿泊施設が多い「地域密着型」、交通網はある程度整備されているが観光資源や観光施設が十分ではない「整備途上型」、自然景観と歴史文化が豊かであり宿泊施設が多い「観光卓越型」の4類型に分類し、その中で「交通整備卓越型」の高縄半島地域におけるサイクルトレインの週末導入が半島地域沿岸部のアクセスを容易にしていることなどを示し、沿線部の観光施設の充実による観光拠点と公共交通の連携を強めることの重要性を明らかにした。

第4章では、観光拠点の観光容量の利用傾向と観光入込客数の増加要因を明らかにすることを目的として、まず、2010年と2019年の比較により、観光入込客数が増加した三浦半島地域等6半島地域の観光拠点を対象として、シフエンテス法による観光容量推定値で各観光拠点の観光入込客数の実積値を除いた観光拠点の利用度を算定し、自然資源やスポーツ・レクリエーション観光拠点の利用度が高いことなど、類型によって観光拠点の利用度に差のあることを示した。次に、観光入込客数の増加した観光拠点をとり上げ、観光入込客数、宿泊を伴う観光消費額などの8評価指標間の相関分析により、歴史・文化観光拠点では、観光入込客数とウェブのページ検索数の相関が高いことを明らかにした。

第5章では、都市再生整備計画事業の実施効果及び実施目標の達成の要因を明らかにすることを目的とし

て、まず、半島地域における132地区の都市再生整備計画に記載された目標設定により、「観光地区」、「中心市街地地区」、「一般地区」に分類し、全国の1,553地区における目標を達成した指標数の割合と比較したところ、半島地域の「一般地区」、「中心市街地地区」では、目標達成指標数の全指標数に対する割合は全国と同程度であるが、「観光地区」では、他に比べて賑わいの創出に関する目標達成指標数の割合が高く、観光・商業関連施設の整備事業等が影響を与えていることを示した。さらに、事例として取り上げた糸島半島地域、佐賀関半島地域における観光地区では、観光・景観整備に関する企業の立地支援整備事業が、中心市街地地区と一般地区では、道路、公園・河川などの整備事業が目標達成の主な要因となっていることを明らかにした。

第6章では、上述までの章を通じて得られた知見を総括すると共に、本論文の結論とした。

論文調査の要旨

本論文は、半島地域の周辺都市への依存度は高く、第1次産業従業者数の割合が全国の平均値より高いことを明らかにしたうえで、都市圏に近接した半島地域は第3次産業に特化し、交通のアクセス性、集積性、利便性が高いことを示すとともに、沿岸部の観光拠点と公共交通の連携を強めることの重要性を指摘し、観光入込客数が増加した半島地域では自然資源やスポーツ・レクリエーション施設の利用度が高く、歴史・文化観光拠点では、ウェブページ検索数が観光入込客数と高い相関のあることを明らかにした。さらに、都市再生整備計画に記載された目標設定の3分類に基づく全国の都市再生整備地区との比較により、半島地域の観光地区における賑わいの創出に関する目標達成指標数の割合が高く、これには観光・商業関連施設の整備事業等が影響を与えていることなどの重要な指摘を行っており、都市計画学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（人間環境学）の学位に値するものと認める。

氏名（本 籍） Muhammad Iqbal（インドネシア）
 学位記番号 博士（工 学）人環博甲第463号
 学位授与の日付 令和5年9月25日
 学位論文題名 Indoor Hygrothermal Environment of Naturally Ventilated Residential Buildings in Tropical Climate Regions in Indonesia
 熱帯気候に属するインドネシアの住宅において室内熱環境へ及ぼす自然換気の影響

論文調査委員

（主 査）	九州大学	教 授	尾 崎 明 仁
（副 査）	〃	〃	住 吉 大 輔
〃	〃	准教授	崔 連 希
〃	立命館大学	〃	李 明 香

論文内容の要旨

インドネシアは、2億7千万人を超える世界第4位の人口規模を有し、赤道直下の広範囲に亘って1万7千を超える島嶼が連なる世界最大の群島国家である。気候は熱帯雨林気候とサバンナ気候に属し、多くの地域が通年に亘り蒸し暑い高温高湿な環境である。同国は1997年の経済危機以降、貧困緩和政策を進めているが経済・社会的要因に対して脆弱で、エネルギーインフラの未整備な地域が多い。深刻なエネルギー貧弱性と経済的な理由から国民の多くが自然状態（非空調環境）での生活を余儀なくされている。

インドネシアの住宅は生活にともなう内部発熱・発湿による室内環境の悪化を防ぐため、一般に開口部にルーバーを設置し、外部風圧を利用した常時換気（通気によるパッシブ・クーリング）により室内温湿度を維持している。しかし、同国の建築基準には、断熱・遮熱や開口面積等の熱環境要因に関する規定がなく、通気効果は自然の成り行きに任せたもので、パッシブ・クーリングを理論的・効果的に計画しているとは言い難い。

一方で、インドネシアはエネルギー資源が豊富で、これから人口ボーナス期に入ることから経済成長が見込まれており、室内空調等の生活環境の向上によりエネルギー需要が急増すると予想される。近い将来に生活由来のエネルギー消費量の増加が確実なことから、建築の省エネルギー化を目標として、パッシブ&アクティブ・クーリング等の環境設計に対応した建築熱性能基準を策定する必要がある。

そこで、本研究ではインドネシアの住宅を対象として、自然換気が室内熱環境へ及ぼす影響とその環境要因について検討した。先ず、現地の建物調査と居

住者へのアンケート調査を実施し、一般的な生活環境、および建物と熱的快適性に関する居住者意識を把握した。次に、通気量のパラメータとなる開口部の流量係数と風圧係数を実建物での実験とCFDにより推定した。また、それらの係数を使用して、屋外風から室内の通気経路と通気量を解析するNetwork Air Flow (NAF) モデルを開発し、建築熱環境解析ソフトと連成することで自然換気を考慮した室内温湿度の非定常解析プログラムを作成した。さらに、インドネシアの実住宅を対象に、計算値と測定値を比較して数値シミュレーションの高い精度を検証し、各地域におけるパラメータ感度解析により外壁・屋根の断熱・遮熱や開口面積が室内温湿度や空調負荷に及ぼす影響について明らかにした。得られた主な結果は以下のとおりである。

インドネシア・アチェ州に建設された間取りと開口面積が異なる2タイプの戸建住宅115棟を対象に、現地において居住者250名へ温熱快適性や気流感に関するアンケート調査を実施した。対象住宅はインドネシアの建築基準を満たす一般的な仕様（無断熱）であるが、床面積に対する窓開口率が9.1%と16.5%と異なる。ASHRAE Scaleを用いた温冷感指標の結果は、窓開口率が小さい住宅では「静止気流（31%）」と「暑い（46%）」の申告割合が多いのに対し、窓開口率が大きい住宅では「丁度よい気流感（41%）」と「熱的中立（41%）」の申告が最多となった。通気量が温冷感に大きく影響することが推測され、建築基準に準拠した開口設置では、必ずしも居住者の温熱快適性を満足できないことが示唆された。

次に、自然換気が室内熱環境へ及ぼす影響について解析するため、外気の風向・風速や建物内外の温度差に応じて室内の通気経路と通気量を予測するNetwork Air Flowモデルを開発し、建築熱環境解析ソフト（THERB）と連成することで自然換気を考慮した室内温湿度の非定常解析法を確立した。NAFの計算に必要な流量係数（ルーバー等の開口形状により異なる値）と風圧係数（屋外風の時間変動により変化する値）を、トレーサーガス一定濃度法を利用したフィールド実験と数値流体力学CFDを使用した数値実験により算出し、CFDによる推定方法の妥当性を検証した。また、THERBにNAF機能を追加した“THERB with NAF”を開発し、インドネシアの典型的なルーバー開口付き住宅を対象としたロークスマウェ市でのフィールド実験結果と比較して本ツールの高い計算精度を実証した。

さらに、インドネシアの13地域において、自然換気による室内熱環境への影響、および屋根・天井・外壁の断熱補強による通気の向上効果について検討し、①

断熱施工のない既存住宅ではルーバー開口面積を大きく変更しても室内温湿度はほとんど変化しないこと、②建物外被の断熱性能が向上した場合はルーバー開口面積（無断熱面積）を大きくすると却って室内温度が上昇すること、③断熱と通気の相乗効果により自然室温2℃以上の低下、および年間冷房負荷23%以上（13地域の平均値）の削減が可能なこと、④パッシブ&アクティブ・クーリング効果を向上するには断熱性能に応じてルーバー開口面積を設定する必要があること、などを明らかにした。

以上、要するに、本論文はインドネシアにおいて、これまでは成り行きに任せて定性的に説明されている住宅の通気効果を、数値シミュレーションにより定量的に解析している。パッシブ&アクティブ・クーリングを利用した効果的な環境設計指針を示しており、社会的貢献性に優れる。また、新たに開発したTHERB with NAF、およびそれに必要な流量係数と風圧係数の推定方法は応用性に富み、学術的で工学的有用性が高く建築環境工学に寄与するところが多い。

論文調査の要旨

本論文では、インドネシアの住宅を対象として、自然換気が室内熱環境へ及ぼす影響とその環境要因について検討した。まず、現地の建物調査と居住者へのアンケート調査を実施し、一般的な生活環境、および建物と熱的快適性に関する居住者意識を把握した。次に、通気量のパラメータとなる開口部の流量係数と風圧係数を実建物での実験とCFDにより推定した。また、それらの係数を使用して、屋外風から室内の通気経路と通気量を解析するNetwork Air Flowモデルを開発し、建築熱環境解析ソフトTHERBと連成することで自然換気を考慮した室内温湿度の非定常解析法を確立した。さらに、インドネシアの実住宅を対象に、計算値と測定値を比較して数値シミュレーションの高い精度を検証し、各地域におけるパラメータ感度解析により外壁・屋根の断熱・遮熱や開口面積が室内温湿度や空調負荷に及ぼす影響について明らかにした。

以上、本論文はインドネシアにおいて、これまでは成り行きに任せて定性的に説明されている住宅の通気効果を、数値シミュレーションにより定量的に解析している。パッシブ&アクティブ・クーリングを利用した効果的な環境設計指針を示しており、社会的貢献性に優れる。また、新たに開発したTHERB with NAF、およびそれに必要な流量係数と風圧係数の推定方法は応用性に富み、学術的で工学的有用性が高く建築環境工学に寄与するところが多い。よって、本論文は博士（工学）の学位に値するものと認める。

氏名（本 籍）	Wu Wei（中 国）
学位記番号	博士（人間環境学）人環博甲第466号
学位授与の日付	令和6年2月29日
学位論文題名	Optimizing Resource Allocation and Achieving Balanced Development in Expanding TOD Networks: A Multi-Perspective Approach to Prioritizing TODs
論文調査委員	
（主 査）	九州大学 准教授 Prasanna Divigalpitiya
（副 査）	“ 教 授 坂 井 猛
“	“ “ 趙 世 晨
“	佐賀大学 “ 有 馬 隆 文

論文調査の要旨

Transit-oriented development (TOD) is a strategic approach that aims to enhance public transportation usage and promote sustainable urban growth by creating mixed-use, compact communities centered around high-quality public transportation hubs, such as train stations, bus terminals, and transit stops. TODs also seek to attract businesses and boost property values, leading to increased job opportunities, tax revenue, and overall economic vibrancy. TOD networks consist of interconnected TOD communities linked by a robust public transportation system, enabling easy travel between them without relying on automobiles. TOD networks are a crucial element of sustainable urban planning.

The focus of rail transit development shifted to developing regions, especially in Asia, including China, India, Thailand, and Indonesia, where the TOD concept gained traction. Many expanding TOD networks leverage rising property values near transit stations to recapture previous investments and promote sustainable rail transit development. However, TOD implementation varies within cities due to differences in infrastructure, land use, accessibility, development stages, and local government policies. This diversity complicates evaluating these factors and making detailed development plans for each TOD. Some researchers advocate for prioritizing development to expedite profit generation by concentrating limited resources on the most critical projects, minimizing resource dispersion, and maximizing immediate benefits.

Recognizing the importance of identifying priority TOD stations, there is a notable gap in comprehensive and systematic research on achieving this goal. This study introduces a multi-perspective methodology for identify-

ing priority TOD stations in cities with expanding TOD networks. The methodology encompasses three key perspectives: balanced development of transit and activity intensity, efficiency in activity development, and the level of livability within TOD areas.

The methodology was applied to Hefei City, a mid-sized Chinese city with a growing TOD network, as a case study. The findings from this case study were utilized to evaluate and enhance the methodology's applicability to other cities.

This thesis is divided into five chapters. As an introduction, Chapter 1 presents the context, goal, and organization of the thesis, as well as the scientific basis and theoretical framework of this research.

Chapter 2 identified priority TODs by evaluating the balanced development of transit accessibility and activity intensity. Hefei, the capital of Anhui Province in China, has experienced rapid growth since 2010, driven by population expansion and urbanization. To address the challenges of traffic congestion and environmental pollution, the Hefei government introduced the TOD concept in 2017, alongside the launch of its subway system. By 2020, 77 TOD projects had been implemented. However, some TODs have struggled to attract transit ridership and boost economic activity. This study evaluates the Hefei City TOD network, aiming to identify priority TODs for further development and optimize resource allocation. The node-place model was employed to measure accessibility and activity intensity at each TOD. Subsequently, the 77 TODs were categorized into four priority levels using the silhouette method. Level 1 and level 2 TODs, referred to as “Unstable TODs” and “Unbalanced TODs,” respectively, were identified as having the most urgent development needs. The study recommends addressing the specific challenges that hold back optimal performance by involving targeted interventions to enhance accessibility and elevate activity intensity in these priority TODs.

Chapter 3 identified priority TODs by evaluating the interdependency of accessibility and activities. TODs foster a mutually beneficial relationship between accessibility and urban land use (activities). However, not all TODs achieve this combined effect, hindering their development potential. This study investigates this relationship by applying the SBM model and the super-efficiency SBM model to TODs in Hefei City. The findings reveal TODs where activities and accessibility are not mutually reinforcing, indicating areas requiring prioritization in fu-

ture planning. Two types of priority TODs emerged from the analysis: “Undersupplied TODs” and “Underdeveloped TODs.” This methodology proposes the ranking of TODs based on their efficiency in achieving this interaction. This prioritization can aid urban planners in promptly identifying weak TODs within the network.

Chapter 4 identified priority TODs by evaluating livability conditions at TODs. Enhancing livability is an integral aspect of TOD development. This chapter assesses the livability of TODs in Hefei City by evaluating whether the daily needs of residents of all ages are adequately met within existing TODs. The study identifies TODs requiring further development and proposes strategies to ensure equal access to resources for residents across different TODs. Hefei City, as a representative second-tier Chinese city implementing TODs, serves as the case study. The findings indicate that only a small proportion of TOD residents have convenient access to elderly care facilities. Livability is generally higher in well-developed areas, such as new and old city centers and transportation hubs. This chapter proposes strategies to foster a more equitable distribution of resources and amenities for residents in various TOD scenarios.

The research’s multi-perspective framework for prioritizing Transit-Oriented Developments (TODs) was discussed in Chapter 5, along with a summary of the study’s conclusions. The integration of transportation accessibility and activity intensity of TODs, the effectiveness of the dynamic interaction between accessibility and economic activities, and the livability of TODs as a measure of the quality of life for residents are evaluated by this multi-perspective framework for selecting priority TODs.

論文調査の要旨

This multi-perspective framework contributes to the scientific knowledge of the efficient development of TOD networks and aids planners and policymakers in concentrating resources on critical projects, minimizing dispersion, and maximizing immediate benefits. Therefore, this thesis is recognized as worthy of a doctoral degree in engineering.

氏名(本 籍) MISHRA Chhabi (ネパール)
学位記番号 博士(工 学)人環博甲第474号
学位授与の日付 令和6年3月25日
学位論文題名 A Study on Structural Behavior of Historical Brick Masonry Walls under Different Reinforcement Conditions – Through Experiments and Numerical Analysis of General Historical Masonry in Nepal and a Case of Historical Masonry in Japan –
(異なる補強条件下での歴史的煉瓦組積造壁体の構造的な挙動に関する研究 — ネパールの一般的な歴史的組積造と日本の歴史的組積造の一事例に関する実験と数値解析を通して —)

論文調査委員

(主 査)	九州大学	教 授	山 口 謙太郎
(副 査)	〃	准教授	小 山 智 幸
〃	〃	教 授	神 野 達 夫
〃	大分大学	〃	黒 木 正 幸

論文内容の要旨

Masonry is anisotropic, heterogeneous, and non-linear composite structure that is widely used in rural areas and developing countries. Historical masonry buildings were not built in compliance with building codes; therefore, these buildings are in danger being damaged by an earthquake. The main goal of seismic strengthening unreinforced masonry (URM) buildings is to increase the structure’s performance during earthquakes. The choice of reinforcement technique depends on the mechanical behavior of the building, the qualities of the materials utilized, and the direction of loading. In the case of historical buildings minimum reinforcement and reversible reinforcement techniques that do not impair the historical value of the building are required.

The retrofitting of unreinforced brick masonry is necessary to prevent damage to masonry buildings during earthquakes. This study focuses on examining a strengthening technique using timber and steel plates for Nepalese historical brick masonry, and RC wall and steel plates for retrofitting of Japanese historical brick masonry to enhance the structural performance under forces. The proposed technique was examined through a series of experiments. Firstly, experiments to obtain detailed mechanical characteristics of Nepalese and Japanese historical brick masonry were conducted. Further,

proposed strengthening techniques were also studied. Lastly, the experimental results are used to simulate the behavior and validate the effectiveness of the techniques through numerical macro modeling approaches.

This dissertation consists of nine chapters. The contents of each chapter are as follows.

Chapter 1 provides a brief introduction to the background of the research, and the aims and objectives of this study. It also provides the flow chart of chapters in this dissertation.

Chapter 2 provides a literature review. The following main topics are described. (1) Major earthquakes around the world and in Nepal. (2) Types of building structures of Nepal and the common failure types during the 2015 Gorkha earthquake. (3) Methods for investigating mechanical characteristics of masonry building materials. (4) Common failure modes of brick masonry structures. (5) Strengthening methods for brick masonry buildings. (6) Numerical modeling approaches for simulating masonry structures.

Chapter 3 describes the mechanical properties of Nepalese historical brick masonry elements and assemblages investigated through an experimental program. Experimental results on the mechanical characteristics of Nepalese historical masonry show that despite the large standard deviations of compressive strength of constituent materials (unit bricks and mud mortar), the standard deviation of compressive strength of masonry prisms was low.

Chapter 4 describes the tests and procedures adopted to investigate shear strength, shear deformation capacity, and flexural behavior of the URM walls comprised in Nepalese historical masonry buildings. Retrofitting of Nepalese masonry walls shows that timber reinforced masonry and steel reinforced masonry increased the average shear strength by about 2 and 3 fold respectively, compared to unreinforced specimens. Flexural strength increased significantly in ladder and braced type timber reinforced specimens compared to unreinforced specimens.

Chapter 5 presents a macro modeling method for studying the Nepalese historical brick masonry walls. Numerical analysis on three-point bending of test specimen models of Nepalese historical brick masonry shows that the apparent Young's modulus of brick masonry changes depending on the angle of compression struts generated inside the brick masonry, and that if the tensile stress generated in reinforced brick masonry exceeds the ten-

sile strength, its structural behavior can be explained by modeling with slits on the tension side.

Chapter 6 presents the effectiveness of reinforcement with RC walls and steel plates on structural behavior and failure modes of Japanese historical masonry walls. Retrofitting of Japanese historical masonry with RC walls and steel plates shows that RC reinforcement has higher strength, rigidity, and deformation capacity than steel plate reinforcement. In addition, the anchors that penetrate through the masonry could resist the splitting of specimens, and promote integration, and hence higher reinforcement effect could be anticipated.

Chapter 7 presents reinforcement methods for maintaining the first and third headquarters of Kyushu University. Horizontal loading test of Japanese historical brick masonry shows that the maximum load of specimens reinforced with RC walls was about 6 times (one side reinforcement) or 12–14 times (both sides reinforcement) higher than that of unreinforced specimens. In addition, this series of experiments also examined the appropriate amount of anchors and the torsion of the wall when reinforcing one side, providing significant insights for the reinforcing methods.

Chapter 8 presents a macro modeling method for studying the Japanese historical brick masonry (i.e. Kyushu University first and third headquarters). Numerical analysis of Japanese historical brick masonry on diagonal compression test and horizontal loading test models shows that the average Poisson's ratio with respect to the diagonal length of the specimen gave closer analytical results to the experimental results. In addition, these analyses show that the results of diagonal compression experiments are affected by the fact that more stress acts near the center of the cross-section, compared to test specimens for horizontal loading where stress is applied to the entire cross-section.

Chapter 9 discusses the main outcomes and conclusions of this study and the recommendations for future research.

論文調査の要旨

本論文は、ネパールの一般的な歴史的組積造と日本の歴史的組積造の一事例を研究対象として、異なる補強条件下で歴史的な煉瓦組積造壁体が表示構造的な挙動を実験と数値解析の両面から調べた結果をまとめたものである。ネパールの歴史的な煉瓦組積造壁体については木材や鋼板を用い、日本の歴史的な煉瓦組積造壁体については鉄筋コンクリート（RC）壁体や鋼板を

用いて、いずれも組積造壁体の表面から補強を施す方法を提案し、補強した壁体と補強していない壁体の構造的な挙動を比較することによって、壁体の構造性能を向上させる補強技術を検討している。それらの壁体の構造的な挙動は、数値シミュレーションにより、組積造に特有な挙動を評価する方法を併せて検討している。

本論文は全9章からなり、第1章では研究の背景と目的、論文の構成を説明している。

第2章では先行研究に関する文献調査を行った結果をまとめている。特に、ネパールの建築構造の種類と2015年に発生したゴルカ地震の際に見られた建物の被害状況、煉瓦組積造の一般的な破壊モード、煉瓦組積造の補強方法、組積造をシミュレートするための数値解析におけるモデリング手法などについて、筆者は精力的な文献調査を行っている。

第3章では、ネパールの歴史的な煉瓦組積造を構成する材料と、その材料を組積して作製した組積体の力学特性を実験で確認した結果をまとめている。この中で筆者は、構成材料（煉瓦単体と目地に用いたマッドモルタル）の圧縮強度の標準偏差が大きい場合にも、角柱状に作製した組積体の圧縮強度の標準偏差が比較的小さくなることを明らかにしている。

第4章では、ネパールの歴史的な煉瓦組積造壁体と、それを提案する方法で補強した壁体のせん断挙動や曲げ挙動を調べた実験とその結果を示している。この実験により、ネパールの歴史的煉瓦組積造壁試験体のせん断強度は、木材で補強した場合には約2倍、鋼材で補強した場合には約3倍に増加すること、木材で格子状やトラス状に補強した試験体は補強していない試験体より曲げ強度が3.5～5.7倍に増加することを明らかにしている。

第5章では、第3章で得た材料等の特性を用い、マクロモデリングで第4章の曲げ実験の数値解析を行っている。検討の結果、煉瓦組積造の見かけのヤング率は煉瓦組積造の内部に生じる圧縮ストラットの角度に応じて変化すること、補強した煉瓦組積造に曲げを与えたときに生じる引張応力が引張強度を超える場合は、解析モデルの曲げ引張側にスリットを入れてモデル化することで、その構造的な挙動を説明できることを明らかにしている。

第6章では、日本の歴史的煉瓦組積造として、九州大学の旧本部庁舎を構成する煉瓦組積造壁体と、それを提案する方法で補強した壁体に関する、所属研究室で既実施の対角圧縮実験について分析した結果を示している。この分析により、RC造の壁体による補強は鋼板による補強に比べて組積造壁体の強度、剛性、変形能力が高くなること、補強部分を組積造壁体に接合す

るアンカーボルトは組積造壁体に深く定着させることで、組積造壁体の割裂強度を高め、組積造壁体と補強部分の一体化を促進することを明らかにしている。

第7章では、九州大学の旧本部庁舎を構成する煉瓦組積造壁体と、それを提案する方法で補強した壁体に関する、所属研究室で既実施の水平載荷実験について分析した結果を示している。この分析により、RC造の壁体で補強した組積造壁試験体の最大水平耐力は補強していない試験体に比べて、片面を補強した場合で約6倍、両面を補強した場合で12～14倍に増加することを明らかにしている。また、一連の分析から、補強時の適切なアンカー量や、片面を補強した際に生じる組積造壁体のねじれに関しても貴重な知見を得ている。

第8章では、第6章と第7章の実験をマクロモデリングで数値解析する手法を検討している。検討の結果、試験体の対角方向の長さに均した、目地部分を含む平均的なポアソン比を解析に用いることで、実験結果に近い解析結果が得られること、断面全体に応力がかかる水平載荷実験の試験体に比べて、対角圧縮実験では断面の中央付近に多くの応力が作用することが実験や解析の結果に影響を与えることを明らかにしている。

以上要するに本論文は、ネパールの一般的な歴史的組積造と日本の歴史的組積造の一事例に関する実験と解析を通じ、歴史的な煉瓦組積造壁体が生ずる構造的な挙動と適する補強方法について、従来の研究では明らかにされていなかった多数の貴重な知見を得ると共に、これらの壁体の構造的な挙動を数値解析で的確に把握する手法を、煉瓦造の多い途上国でも利用しやすいマクロモデリングの拡張で開発できる展望を示したもので、建築構造学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位に値するものと認める。